

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-135857

(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
G11B 5/39
H01F 10/16

(21)Application number : 09-298566

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 30.10.1997

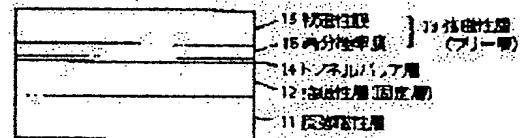
(72)Inventor : TSUGE HISANAO

(54) MAGNETO RESISTANCE EFFECT ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnet resistance effect element which has both large polarizability and a small coercive force by constituting at least one side of a ferromagnetic layer, which is not in contact with an antiferromagnetic layer of a soft magnetic film provided with a thin high-polarizability film on a tunnel barrier layer side.

SOLUTION: A ferromagnetic layer 13 constituting a free layer is constituted of a soft magnetic layer 16, provided with a thin high-polarizability film 15 on a tunnel barrier layer 14 side. The film 15 has a stronger coercive force than a thin film which is made of Permalloy (R), etc. However, the coercive force of the film 15 can be reduced, while the polarizability on the surface of the ferromagnetic layer 13 which is in contact with the tunnel barrier layer 14 is maintained at a high value. Since the magnet resistance variations of a ferromagnetic tunnel junction vary depending upon the property of the surface of thin ferromagnetic layer contribution to tunnel phenomena, the a free layer structure is adopted. Therefore, a magnetoresistance effect element having both a large polarizability and low coercive form can be realized.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.10.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3050189

[Date of registration] 31.03.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-17925

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 05.11.1999

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 11-135857

(43) 公開日 平成 11 年 (1999) 5 月 21 日

識別記号		F I	
(51) Int. Cl. ⁴		H 01 L 43/08	Z
		G 11 B 5/39	
		H 01 F 10/16	
審査請求 有 附設項の款 11 O L (全 9 頁)			
(21) 出願番号	特開平 9 - 288568	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
(22) 公開日	平成 9 年 (1997) 10 月 30 日	(72) 発明者	萩瀬 久男 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
		(74) 代理人	弁護士 京本 誠樹 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁気ヘッドや磁気メモリに必要な抵抗値及び電流密度を備え、高感度しかも安定に信号磁界を抽出できる磁気抵抗効果素子を制御よく得る。
【解決手段】 反強磁性層 11 により交換結合磁界を付与した強磁性層 (固定層) 12 と、トンネルバリア層 14 を介して薄い高分極率膜 15 及び軟磁性膜 16 の二層膜からなる強磁性層 (フリー層) 13 とで基本構造が形成されている磁気抵抗効果素子。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 強磁性層の間にトンネルバリア層を挟んだ強磁性トンネル接合の構造を有し、一方の強磁性層の側に反強磁性層を配置した磁気抵抗効果素子において、少なくとも反強磁性層と接していない方の強磁性層がトンネルバリア層間に薄い高分極率膜を備えた軟磁性膜で構成されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 前記高分極率膜は $\text{Co}_2\text{Fe}_{1-x}\text{Si}_x$ ($0 \leq x < 1$) であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 前記高分極率膜は $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ ($0 \leq x < 0.35$) であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 前記高分極率膜は完全スピニ分極を持つ金属間化合物であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 前記金属間化合物が半金属であることを特徴とする請求項 4 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 前記金属間化合物が NiMnSb であることを特徴とする請求項 5 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 前記高分極率膜の膜厚は 10nm 以下であることを特徴とする請求項 1～6 の何れかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】 前記軟磁性膜はパーマロイ $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ ($0.35 \leq x \leq 0.8$) であることを特徴とする請求項 1～7 の何れかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】 前記トンネルバリア層は Al の自然酸化膜であることを特徴とする請求項 1～8 の何れかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 10】 前記 Al の膜厚は $1.0 \sim 2.5\text{nm}$ であることを特徴とする請求項 9 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 11】 強磁性層の間にトンネルバリア層を挟んだ強磁性トンネル接合の構造を有し、一方の強磁性層がトンネルバリア層間に薄い高分極率膜を備えた軟磁性膜で構成され、もう一方の強磁性層の外側に反強磁性層を配置した磁気抵抗効果素子の製造方法において、金属または半導体からなる導電層を成膜した後、真空中に酸素を含むガスを導入し、この導電層表面を自然酸化してトンネルバリア層を形成する工程を含むことを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の原する技術分野】 本発明は、高密度磁気ディスク装置における再生用磁気ヘッドや高密度磁気メモリ (MRAM) に適した磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 強磁性トンネル接合は二つの強磁性層の間に数 nm 厚の薄い絶縁体からなるトンネルバリア層を挟んだ構造を持つ。この素子では強磁性層間に一定の電流を流した状態で強磁性層間に外部磁界を印加した場

合、両磁性層の磁化の相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果現象が現れる。この磁化の向きが平行である場合には抵抗値は最小となり、反平行である場合には抵抗値が最大となる。従って、両磁性層に保磁力差を付与することによって、外部磁界の強さに応じて磁化の平行及び反平行状態を実現できるため、抵抗値の変化による磁界検出が可能となる。磁界感度を高める磁気抵抗変化率は、二つの強磁性層の分極率 P_1 、 P_2 とする

と、 $2P_1P_2/(1-P_1P_2)$ で表される。この式は、双方の分極率が大きいほど磁気抵抗変化率が大きくなることを意味している。

【0003】 近年、トンネルバリア層の品質の向上により、20% という理論値に近い磁気抵抗変化率を示す強磁性トンネル接合が得られるようになったことから、磁気ヘッドや磁気メモリへの応用の可能性が高まってきた。こうした大きな磁気抵抗変化率を報告している代表例として、「1996 年 4 月、ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス、79 巻、4724～4729 頁 (Journal of Applied Physics, vol. 79, 4724～4729, 1996)」がある。

【0004】 この接合素子を図面を用いて説明する。図 12 に示すように、強磁性層として CoFe 膜 122 と Co 膜 124 を用い、これらの両磁性層によって Al_2O_3 からなるトンネルバリア層 123 を挟んだ構造を保持する。蒸着マスクを用いてガラス基板 131 上に成膜している。蒸着マスクを用いてガラス基板 131 上に CoFe からなる第 1 の強磁性層 132 を真空蒸着し (図 13 (a))、引き続きマスクを交換して $1.2 \sim 2.0\text{nm}$ 厚の Al 膜 133 を蒸着する (図 13 (b))。この Al 膜表面を酸素グロー放電に曝すことによって、 Al_2O_3 からなるトンネルバリア層 134 を形成する (図 13 (c))。最後に、このトンネルバリア層 134 を介して第 1 の強磁性層 132 と長手方向が垂直に交わるように Co からなる第 2 の強磁性層 135 を成膜して十字電極型の強磁性トンネル接合素子を作成する (図 13 (d))。この方法では、磁気抵抗変化率として最大 18% という大きな値が得られている。

【0005】 その他の例として、特開平 5-63254 号公報、特開平 6-24477 号公報、特開平 8-70148 号公報、特開平 8-31654 号公報及び「1997 年、日本応用磁気学会誌、21 巻、493～496 頁」などの報告がある。ここではトンネルバリア層の形成に、 Al 層を成膜後、大気中に曝して Al_2O_3 を成長させる方法を用いている。このように、これらの報告では図 13 とはトンネルバリアの形成方法が異なるものの、強磁性層として Fe 、 Co 、 Ni 及びそれらの合金からなる単層膜が使われている点は共通である。

【0006】 これらの磁気抵抗効果素子を高密度記録用再生磁気ヘッドに適用する技術としては、スピナル

を20 Torrで10分間保持して、Al導電層45を自然酸化してトンネルバリア層46を形成した(図4(b))を排気してバックグラウンド圧力に到達した後、CoFe膜(膜厚:3nm)47、Ni_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜(膜厚:15nm)48からなる第2の強磁性層9、Ta膜(膜厚:5nm)からなる保護層50を連続してスパッタ蒸着し、接合構成層を完成させた(図4(c))。この保護層50は接合構成層をプロセス汚染から保護するためのものである。この接合構成層の成膜を通して、基板41面内の一方向に1000eの磁界を印加した。また、成膜後、基板41面内でこの方向と直交する方向に2000eの磁界を加えた状態で一時間熱処理を行った。

【0026】次に、通常のフォトリソグラフィ技術とイオンミリング技術を用いて接合構成層の金属を、長手方向が成膜時の磁界印加の方向と一致するように下磁極形状に加工した(図4(c))。保護層50上に接合寸法を規定するためのレジストパターン51を形成し、トンネルバリア層46までイオンミリングする(図4(e))。このレジストパターンを残したままAl₂O₃膜(膜厚:250nm)からなる絶縁層52を電子ビーム蒸着した後、リフトオフを行う(図4(f))。保護層50と絶縁層52間の電気的接触を得るために、露出した絶縁表面の逆スパッタクレーニングを行った後、Al1膜(膜厚:200nm)からなる保護層53を全表面に蒸着する。次に、レジストパターンを用いて配線層53をイオンミリングし、磁気抵抗効果素子を完成させる(図4(g))。

【0027】図5に本発明の製造方法を用いて作製した磁気抵抗効果素子の代表的な磁気抵抗曲線を示す。H₀は反強磁性層43と第1の強磁性層44の間の交換結合境界の強さ、H₀₁、H₀₂はそれぞれフリー層及び固定層の保磁力である。磁気抵抗変化率は10.4%であり、CoFe膜47を挿入しない構造で得られた5.9%に比べ大幅に改善されている。また、フリー層の保磁力は160eであり、CoFe膜47を挿入しない場合と比べても10e以下の増加であった。このように、フリー層を構成する第2の強磁性層49として膜厚3nmという極薄のCoFe膜とNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層構成とすることにより、フリー層の保磁力を小さく保ったまま、磁気抵抗変化率を大幅に改善することができた。

【0028】一方、接合抵抗は、図6に示すように接合面に対して精度よく逆比例の関係を示した。この傾きから、面積で規格化した抵抗値として2.4×10⁻⁴Ω/cm²が得られた。磁気ヘッドなど多くのデバイス応用が可能となる。このような低抵抗値は強磁性トンネル接合抵抗はトンネルバリア層形成時の焼成圧力及び基板温度を制御することによって、大小数値変化させることができる。2インチSiウェーハ内の接合抵抗の最大ばらつ

き±0.4%であり、制御性よく素子が作製できた。【0029】図7に10×10μm²における磁気抵抗変化率の接合電流密度依存性を示す。磁気抵抗変化率は電流密度を増加させても10⁻⁴A/cm²までは全く変化が認められなかった。3×10⁻⁴A/cm²で磁気抵抗変化率も約20%の減少に止まっている。これらの結果から、この磁気抵抗効果素子の直流電圧出力電圧を求めると、10⁻⁴A/cm²の電流密度で3mV、3×10⁻⁴A/cm²で7mVであった。

【0030】【実施例2】次に、本発明の第2の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

【0031】本発明の磁気抵抗効果素子の基本構造は、図8に示すように、表面を熱酸化したSi基板81上に5mm厚のTa膜と5mm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層膜からなるパッド層82を介して形成された15nm厚のFeMn膜からなる第1の強磁性層83と厚さ10nmのCoFe膜からなる第2の強磁性層84、さらにその上にAl₂O₃膜からなるトンネルバリア層85を介して形成された厚さ3nmのCoFe膜86と厚さ15nmのNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜87の二層膜からなる第2の強磁性層88で構成される。

【0032】この磁気抵抗効果素子の製造方法は、第1の強磁性層としてNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の代わりCoFe膜を用いては図4のプロセスと同じである。この素子では磁気抵抗変化率は18.8%であり、第1の強磁性層としてNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜を用いた場合に比べ大幅に改善された。一方、フリー層の保磁力は2.00eと多少小さくなった。このように、フリー層を構成する第2の強磁性層88として膜厚3nmという極薄のCoFe膜とNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層構成とし、さらに固定層を構成する第1の強磁性層としてCoFe膜を用いることにより、フリー層の保磁力をある程度小さく保ったまま、磁気抵抗変化率を大幅に改善することができた。この磁気抵抗変化率は接合電流密度を増加させても10⁻⁴A/cm²までは全く変化が認められなかった。

【0033】【実施例3】次に、本発明の第3の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

【0034】本発明の磁気抵抗効果素子の基本構造は、図9に示すように、表面を熱酸化したSi基板91上に5mm厚のTa膜と5mm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層膜からなるパッド層92を介して形成された15nm厚のFeMn膜からなる反強磁性層93、10nm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜94と3mm厚のCoFe膜95の二層膜からなる第1の強磁性層96、さらにその上にAl₂O₃膜からなるトンネルバリア層97を介して形成された3nm厚のCoFe膜98と15nm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜99の二層膜からなる第2の強磁性層

910で構成される。【0035】この磁気抵抗効果素子の製造方法は、第1の強磁性層としてNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の代わり10nm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜94と3mm厚のCoFe膜95の二層膜を用いることを除いては図4のプロセスと同じである。この素子では磁気抵抗変化率は17.5%であり、第1の強磁性層及び第2の強磁性層として薄いCoFe膜を挿入しない構造で得られた5.9%に比べ大幅に改善されている。また、フリー層の保磁力は1.80eであり、CoFe膜を挿入しない場合と比較しても10e以下の増加であった。このように、固定層及びフリー層を構成する第1の強磁性層96及び第2の強磁性層910として膜厚3nmという極薄のCoFe膜とNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層構成とすることにより、フリー層の保磁力を小さく保ったまま、磁気抵抗変化率を増加させることができた。この磁気抵抗変化率は接合電流密度を増加させても10⁻⁴A/cm²までは全く変化が認められなかった。

【0036】【実施例4】次に、本発明の第4の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

【0037】本発明の磁気抵抗効果素子の基本構造は、図10に示すように、表面を熱酸化したSi基板101上に5mm厚のTa膜と5mm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層膜からなるパッド層102を介して形成された15nm厚のFeMn膜からなる反強磁性層103と厚さ10nmのNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜からなる第1の強磁性層104、さらにその上にAl₂O₃膜からなるトンネルバリア層105を介して形成された厚さ3nmのFe膜106と厚さ15nmのNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜107の二層膜からなる第2の強磁性層108で構成される。

【0038】この磁気抵抗効果素子の製造方法は、第2の強磁性層として3mm厚のCoFe膜と15mm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層膜の代わり、3mm厚のFe膜106と15mm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜107の二層膜を用いることを除いては図4のプロセスと同じである。この素子では磁気抵抗変化率は10.0%であり、Fe膜106を挿入しない構造で得られた5.9%に比べ大幅に改善されている。また、フリー層の保磁力は1.20eであり、Fe膜106を挿入しない場合と比較しても10e以下の増加であった。このように、フリー層を構成する第2の強磁性層108として膜厚3nmという極薄のFe膜とNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層構成とすることにより、フリー層の保磁力を小さく保ったまま、磁気抵抗変化率を大幅に改善することができた。この磁気抵抗変化率は接合電流密度を増加させても10⁻⁴A/cm²までは全く変化が認められなかった。

【0039】本実施例では固定層を構成する第1の強磁性層としてNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜を用いているが、その他にも実施例2及び3に示したのと同様の発想で、Fe

膜、又はNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜と極薄のFe膜の二層膜を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。【0040】【実施例5】次に、本発明の第5の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

【0041】本発明の磁気抵抗効果素子の基本構造は、図11に示すように、表面を熱酸化したSi基板111上に5mm厚のTa膜と5mm厚のNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層膜からなるパッド層112を介して形成された15mm厚のFeMn膜からなる反強磁性層113と厚さ10nmのNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜からなる第1の強磁性層114、さらにその上にAl₂O₃膜からなるトンネルバリア層115を介して形成された厚さ3nmのNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜116と厚さ15mmのNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜117の二層膜からなる第2の強磁性層118で構成される。

【0042】この磁気抵抗効果素子の製造方法は、第1の強磁性層としてNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の代わりNiMnSb膜を、第2の強磁性層としてCoFe膜とNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層膜の代わり、NiMnSb膜116とNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜117の二層膜を用いることを除いては図4のプロセスと同じである。この素子では磁気抵抗変化率は21.3%であり、第1の強磁性層としてNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜を用いた場合に比べ大幅に改善された。一方、フリー層の保磁力は2.60eと多少小さくなった。このように、フリー層を構成する第2の強磁性層118として膜厚3nmという極薄のNiMnSb膜とNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜の二層構成とし、さらに固定層を構成する第1の強磁性層としてNiMnSb膜を用いることにより、フリー層の保磁力をある程度小さく保ったまま、磁気抵抗変化率を大幅に改善することができた。この磁気抵抗変化率は接合電流密度を増加させても10⁻⁴A/cm²までは全く変化が認められなかった。

【0043】本実施例では固定層を構成する第1の強磁性層としてNiMnSb膜を用いているが、その他にも実施例1及び3に示したのと同様の発想で、Ni_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜、またはNi_{0.9}Fe_{0.1}軟磁性膜と極薄のNiMnSb膜の二層膜を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【発明の効果】本発明の構造を用いれば、高感度でしかも安定に信号磁界を検出できる磁気抵抗効果素子が得られ、高密度磁気ヘッドや磁気メモリなどへの応用も可能である。また、本発明の製造方法を用いれば、デバイス応用に必要ない抵抗値及び接合電流密度を備えた高品質のトンネルバリア層を制御性よく形成することができる。

【図面の簡単な説明】
【図1】本発明の第1の実施の形態を説明するための構造図である。
【図2】(a)～(c)は本発明の第2の実施の形態を

説明するための工程図である。

【図 3】本発明の実施例 1 を説明するための構造図である。

【図4】(a)～(g)は実施例1を説明するための工程図である。

【図5】実施例1で作製した磁気抵抗効果素子の磁気抵抗曲線図である。

【図6】実施例1で作製した磁気抵抗効果素子の接合抵抗と接合面積の関係を示す図である。

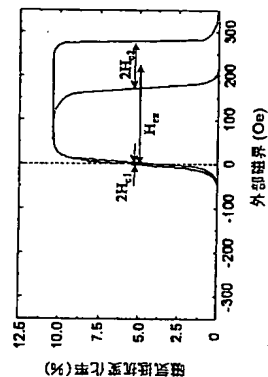
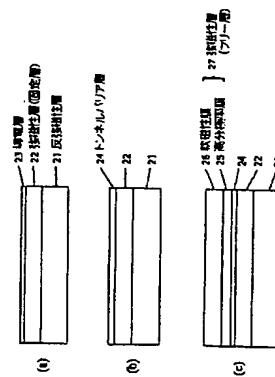
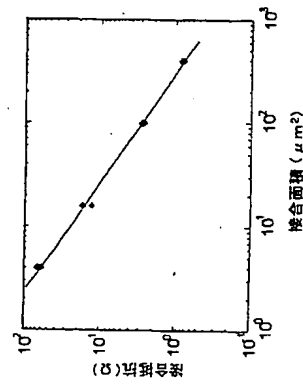
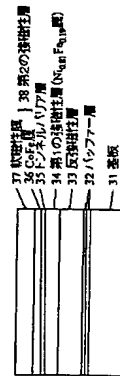
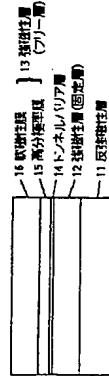
【図 7】実施例 1 で作製した磁気抵抗効果素子の 10 μ m 接合部における接合抵抗の電流密度依存性を示す図で

ある。

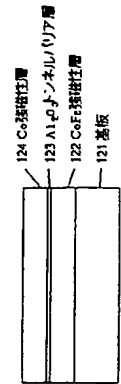
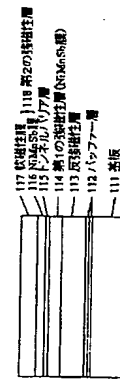
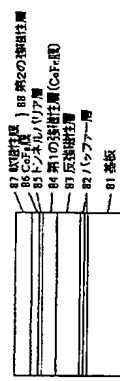
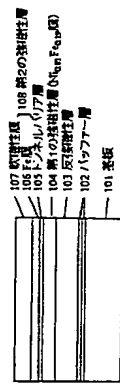
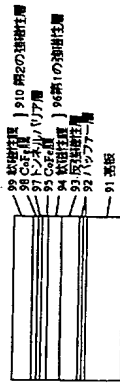
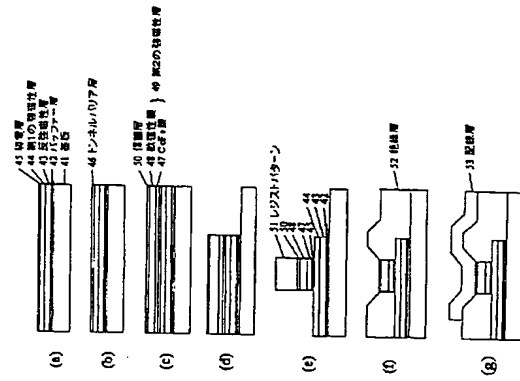
【図8】木炭明の非施例2を説明するための構造図であ

る。

【図9】本発明の実施例3を説明するための構造図であ



磁気抵抗効果素子とその製造方法



【図 13】

